

# PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2003-078423

(43)Date of publication of application : 14.03.2003

(51)Int.Cl.

H04B 1/10  
G01H 3/04  
G06F 17/10  
G06F 17/14  
G10L 15/02  
G10L 15/20  
G10L 21/02

(21)Application number : 2001-266095

(71)Applicant : CLARION CO LTD

(22)Date of filing : 03.09.2001

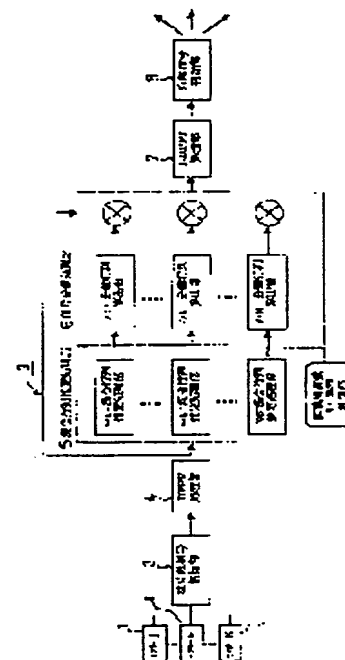
(72)Inventor : CHO SUGAKU  
NIITSUMA TERUO

## (54) PROCESSOR FOR SEPARATING BLIND SIGNAL

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a blind signal separation processor capable of separating an original signal with a blind from a signal (signal such as sound, an image and a radio wave) in a real environment where background noise exists and is convolutionally mixed.

SOLUTION: This blind signal separation processor in which a plurality of observing means observe signals to be separated outputted from a plurality of signal sources and the original signal is separated by using only the observed signals, comprises a plurality of sensors 1 for detecting the signals to be separated, a signal to be separated storing part 2 for storing the signals to be separated detected by each of the sensors, a signal processing part 3 for extracting the signals from the signal to be separated storing part and performing processing that separates the signal to be separated into signals of respective signal sources, and a separated signal storing part 8 for storing the separated signals separated by the signal processing part 3.



## LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

BEST AVAILABLE COPY

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision  
of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's  
decision of rejection]

[Date of extinction of right]

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2003-78423

(P2003-78423A)

(43) 公開日 平成15年3月14日 (2003.3.14)

(51) IntCl. <sup>7</sup>	識別記号	F I	テームコード <sup>*</sup> (参考)
H 0 4 B 1/10		H 0 4 B 1/10	L 2 G 0 6 4
G 0 1 H 3/04		G 0 1 H 3/04	5 B 0 5 6
G 0 6 F 17/10		G 0 6 F 17/10	D 5 D 0 1 5
17/14		17/14	A 5 K 0 5 2
G 1 0 L 15/02		G 1 0 L 3/02	3 0 1 D

審査請求 未請求 請求項の数 4 O L (全 10 頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号 特願2001-266095 (P2001-266095)

(22) 出願日 平成13年9月3日 (2001.9.3)

特許法第30条第1項適用申請有り 2001年4月20日 社団法人電子情報通信学会発行の「電子情報通信学会技術研究報告 信学技報 Vol. 101 No. 31」に発表

(71) 出願人 000001487

クラリオン株式会社

東京都文京区白山5丁目35番2号

(72) 発明者 丁 数学

東京都文京区白山5丁目35番2号クラリオン株式会社内

(72) 発明者 新妻 照夫

東京都文京区白山5丁目35番2号クラリオン株式会社内

(74) 代理人 100082670

弁理士 西脇 民雄 (外1名)

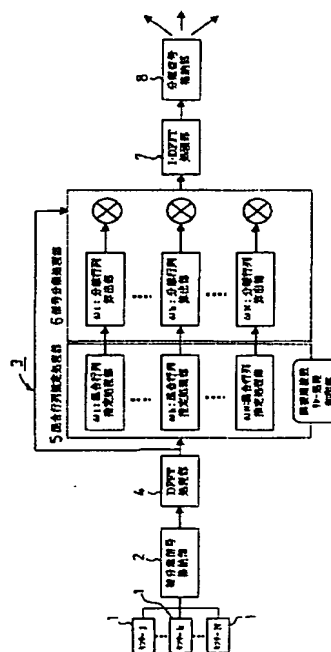
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 ブラインド信号分離処理装置

(57) 【要約】 (修正有)

【課題】 背景雑音が存在しかつ畳み込み混合された実環境での信号 (音声、画像、電波などの信号) から、源信号をブラインドで分離することが可能なブラインド信号分離処理装置を提供する。

【解決手段】 本発明のブラインド信号分離処理装置は、複数の信号源から発せられた被分離信号を複数の観測手段で観測してそれらの観測信号のみを使って源信号を分離するものにおいて、被分離信号を検出する複数個のセンサー1と、各センサーが検出した被分離信号を保存する被分離信号格納部2と、被分離信号格納部から信号を取り出して被分離信号を各信号源の信号に分離する処理を行う信号処理部3と、信号処理部3で分離した被分離信号を格納する分離信号格納部8とからなる。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 複数の信号源から発せられた被分離信号を複数の観測手段で観測してそれらの観測信号のみを使って源信号を分離するブラインド信号分離処理装置において、

前記被分離信号を検出する複数のセンサーと、各センサーが検出した被分離信号を保存する被分離信号格納部と、

該被分離信号格納部から信号を取り出して被分離信号を各信号源の信号に分離する処理を行う信号処理部と、

該信号処理部で分離した被分離信号を格納する分離信号格納部とからなり、

前記信号処理部は、

前記被分離信号をウインドウフーリエ変換により離散フーリエ変換して時間一周波数領域の成分に変換するDFFT処理部と、

前記DFFT処理後の信号に基づき混合行列を各周波数成分ごとに推定する混合行列推定処理部と、

前記周波数成分ごとに推定した混合行列に基づき各周波数成分ごとに分離行列を算出し、前記分離行列と前記DFFT処理後の信号の積を各周波数成分ごとに算出する信号分離処理部と、

前記信号分離処理部で得られた全ての周波数成分についての分離行列とDFFT処理後の信号との積に基づき離散逆フーリエ変換の演算を行って前記被分離信号を分離・再生するI-DFFT処理部と、

から構成されていることを特徴とするブラインド信号分離処理装置。

【請求項2】 前記混合行列推定処理部は、各周波数成分における混合行列を推定する際の設定初期値として、目的周波数成分と隣接する周波数成分の混合行列の推定値を用いることを特徴とする請求項1に記載のブラインド信号分離処理装置。

【請求項3】 前記混合行列推定処理部における混合行列の推定アルゴリズムが、複素数化されたFastICAのアルゴリズムであることを特徴とする請求項2に記載のブラインド信号分離処理装置。

【請求項4】 前記各センサーがマイクロフォンであり、前記被分離信号が複数の音源からの音信号であって、複数の音源からの音信号を各音源の信号に分離することを特徴とする請求項1～請求項3のいずれか1項に記載のブラインド信号分離処理装置。

## 【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、背景雑音、反射、マルチパス等が存在する実環境において混合された電波、光、音等の被分離信号をブラインド分離処理するブラインド信号分離処理装置に関する。

【0002】

【従来の技術】従来、ブラインド信号分離処理では、以

下に説明する原理に従って行われている。

【0003】今、N個の信号源からの信号 $s_1(t), s_2(t), \dots, s_N(t)$ からなる信号群 $s(t)$ を以下に記載するベクトルで表す。

【0004】

$$\underline{s}(t) = (s_1(t), s_2(t), \dots, s_N(t))^T \quad (1)$$

ただし、 $\underline{s}(t)$ の平均値は0であり、各信号（ベクトルの成分）は互いに独立であるとする。ここで、記号 $(\dots)^T$ はベクトルとマトリクスの転置を表すものとする。ブラインド信号分離処理の対象はデジタル化された信号であり、時間は離散値をとる。このため、時間 $t$ はサンプリングの順番を表す番号と一致し、

$$\text{ここでは、} \quad t = 0, 1, 2, \dots \quad (2)$$

であるとする。また、信号 $s(t)$ に対する観測信号を、

$$\underline{x}(t) = (x_1(t), x_2(t), \dots, x_M(t))^T \quad (3)$$

と表す。

【0005】ここで、観測信号 $\underline{x}(t)$ の各成分はそれぞれ、0, 1, 2, ..., Nのセンサーで観測された各観測信号に対応する。一般には、センサーの個数と信号源の個数とは必ずしも一致しないが、ここでは一致しているものと仮定する。

【0006】ブラインド信号分離処理では、 $\underline{s}(t)$ と $\underline{x}(t)$ との間に、

$$\underline{x}(t) = A(t) * \underline{s}(t), \quad (4)$$

なる線形関係を仮定する。ただし、 $A(t)$ は $N \times N$ の未知の伝達関数を表す行列で、符号「\*」は畳み込み積分を表す。

【0007】ここでいう「畳み込み」とは、伝搬路で入力信号が遅延されて、所定の係数が乗算された後、加算される操作をいう。図1はその畳み込み混合の簡単な例を示すもので、源信号 $s_1(t)$ 、 $s_2(t)$ は、伝達関数が行列 $A(t)$ で表される伝搬路を介して、観測信号 $x_1(t)$ 、 $x_2(t)$ としてセンサー1、センサー2に到達する。ここで、伝搬路の伝達関数 $A(t)$ の要素は $A_{11}$ 、 $A_{12}$ 、 $A_{21}$ 、 $A_{22}$ である。図1には、源信号 $s_1(t)$ は $A_{11}$ 及び $A_{21}$ と、源信号 $s_2(t)$ は、 $A_{12}$ 及び $A_{22}$ と畳み込み積分された後、 $s_1(t) * A_{11}$ と $s_2(t) * A_{12}$ が加算されて、センサー1で観測される信号 $x_1(t)$ が生成され、 $s_1(t) * A_{21}$ と $s_2(t) * A_{22}$ が加算されてセンサー2で観測される信号 $x_2(t)$ が生成された状態が示されている。

【0008】行列 $A(t)$ や源信号 $\underline{s}(t)$ に関する事前情報を利用せずに、観測した信号 $\underline{x}(t)$ から、その観測信号のみを使って分源信号を離する処理が、ブラインド信号分離処理と呼ばれている。

【0009】分離処理は信号源から発生した信号が観測されるまでの間に受けた伝搬路上の影響を $N \times N$ の行列で表される関数として予測し、その逆行列 $B(t)$ を求め、

$$\underline{u}(t) = B(t) * \underline{x}(t), \quad (5)$$

で求まる各成分の互いに独立な時間領域分離信号 $\underline{u}(t)$ を再構成することにある。

【0010】行列 $A(t)$ の各成分が実数である場合、式(4)による混合は単純な線形混合であり、実数以外の場合は畳み込み線形混合である。また、信号が伝搬する環\*

\* 境を表すため、行列 $A(t)$ の各成分をFIR(Finite Impulse Response) フィルターと仮定する手段がよく使われる。この場合、式(4)は、式(6)を用いて表せる。

【0011】

【数1】

$$\underline{x}(t) = A(t) * \underline{u}(t) = \begin{bmatrix} \sum_{k=1}^K a_{1k}(t) * s_k(t) \\ \vdots \\ \sum_{k=1}^K a_{Mk}(t) * s_k(t) \end{bmatrix} \quad (6)$$

ただし、

$$a_n(t) * s_k(t) = \sum_{\tau} a_n(\tau) s_k(t - \tau) \quad (7)$$

【0012】このような観測データから元の信号源の信号を復元する手段の代表が、このFIRの係数をブラインドで推定し、逆フィルターを構成して分離する手法である。

【0013】FIRの係数をブラインドで推定する問題を簡略化するため、式(6)をWindowed Fourier変換（ウィンドウフーリエ変換）する。 $\omega$ を周波数、 $t_s$ を窓関数の位置、 $\underline{s}(t)$ 、 $\underline{x}(t)$ 、 $A(t)$ の変換対象をそれぞれ $\tilde{s}(\omega, t_s)$ 、 $\tilde{x}(\omega, t_s)$ 、 $\tilde{A}(\omega)$ とすると、(8)式が成り立つ。 ※

※【0014】

【数2】

$$\tilde{x}(\omega, t_s) = \tilde{A}(\omega) \tilde{s}(\omega, t_s) \quad (8)$$

※

$$\tilde{f}(\omega, t_s) = \sum_{\tau} e^{-j\omega\tau} f(\tau) w(t - \tau, t_s)$$

$$\omega = 0, \frac{1}{M} 2\pi, \dots, \frac{M-1}{M} 2\pi, \quad t_s = 0, \Delta T, 2\Delta T, \dots \quad (9)$$

【0017】ここで、 $M$ は離散Fourier変換の点数、 $w(t)$ は窓関数であり、 $\Delta T$ は窓関数の移動時間である。

【0018】時間-周波数領域での混合行列 $\tilde{A}(\omega)$ の要素は以下に記載する(10)式で表わされる。

【0019】

【数4】

$$\tilde{A}_{m,n}(\omega) = H_{m,n}(\omega) \exp(-j\omega \tau_{m,n}) \quad (10)$$

【0020】ここで $H_{m,n}(\omega)$ は伝達関数の振幅を表し、 $\tau_{m,n}$ は $n$ 番目の原信号が $m$ 番目のセンサーに到達するまでの遅延時間を表す。

【0021】以上のように、Windowed Fourier変換後の任意の周波数成分に対して、式(8)の右辺は単純な複素数の行列の積となっており、ブラインド分離処理が簡略化されることがわかる。

【0022】ある周波数 $\omega$ に対して混合行列 $\tilde{A}(\omega)$ の推定を行い、分離行列 $W(\omega)$ を求め、時間-周波数領域での信号を以下の(11)式に記載するように分離したとする。ここで、分離行列 $W(\omega)$ は混合行列 $\tilde{A}(\omega)$ の逆行列である。

【0023】

【数5】

$$\tilde{\underline{u}}(\omega, t_s) = W(\omega) \tilde{\underline{x}}(\omega, t_s) \quad (11)$$

【0024】この結果得られた $\tilde{\underline{u}}(\omega, t_s)$ をすべての周波数で集め、時系列信号に戻すことによって、信号分離が完了する。

【0025】 $\tilde{A}(\omega)$ の推定に関してはいくつかのアルゴリズムが適用できる（参考文献[1-7]参照）が、大別して2つの手法がある。

【0026】1つは確率分布の独立性に基づく分離Info max（参考文献[2]参照）等がある。もう一つは、時間相関に基づく分離法で、例として、TDD（Time Delayed Deconvolution 参考文献[5, 6]参照）等がある。

【0027】

【発明が解決しようとする課題】ところで、ブラインド分離手法を実際の環境に応用する場合、以下に説明する2つの問題がある。参考文献[9]、[10]はその実環境への適用を提案している。

(1) チャネルの入れ違い問題

式(11)を用いて信号を分離したとき、分離された信号 $\tilde{\underline{u}}(\omega, t_s)$ の各成分の順番はBSS(Blind Source Separation (ブラインド分離手法))だけでは決まらず、曖昧さが生じる。このため、ある周波数 $\omega_1$ での

分離信号 $\underline{u}^-(\omega_1, t_1)$ の各成分の順番が、他の周波数 $\omega_2$ で分離した順番と一致するとは限らない。これが、各周波数における入れ違い（チャネルの入れ違い）問題と呼ばれる現象である。

【0028】この入れ違い問題を解決するため、参考文献[9]では、信号の各周波数成分の長スケールでの類似性を利用する方法を提案している。

【0029】一方、参考文献[10]では、信号の各周波数成分と対応する伝達関数のCoherencyを利用する手法が提案されている。

【0030】しかし、実際にはいずれの手法も、入れ違い問題の解決には不十分であり、誤った順番の周波数成分が残るという問題がある。また、従来の技術ではこの入れ違い問題を解決する計算処理が複雑であり、膨大な数の信号処理を行わなければならないために処理が遅延し、このため実時間処理が不可能であった。

## (2) 背景雑音に関する問題

更に、従来技術では、背景雑音がある場合、この処理についての検討も不十分である。背景雑音については、参考文献[10]によるサブスペース法を利用する手法等があるが、必要とするセンサーの個数が多く実用的ではないという問題があった。

【0031】本発明は、上記事情に鑑みて為されたもので、背景雑音が存在しかつ畳み込み混合された実環境での信号（音声、画像、電波などの信号）から、源信号をブラインドで分離することが可能なブラインド信号分離処理装置を提供する。

## 【0032】

【課題を解決するための手段】請求項1に記載のブラインド信号分離処理装置は、複数の信号源から発せられた被分離信号を複数の観測手段で観測してそれらの観測信号のみを使って源信号を分離するブラインド信号分離処理装置において、前記被分離信号を検出する複数個のセンサーと、各センサーが検出した被分離信号を保存する被分離信号格納部と、該被分離信号格納部から信号を取り出して被分離信号を各信号源の信号に分離する処理を行う信号処理部と、該信号処理部で分離した被分離信号を格納する分離信号格納部とからなり、前記信号処理部は、前記被分離信号をウインドウフーリエ変換により離散フーリエ変換して時間-周波数領域の成分に変換する DFFT 処理と、前記 DFFT 処理後の信号に基づき混合行列を各周波数成分ごとに推定する混合行列推定処理部と、前記周波数成分ごとに推定した混合行列に基づき各周波数成分ごとに分離行列を算出し、前記分離行列と \*

$$\tilde{A}(\omega_2) = \tilde{A}(\omega_1) \quad (13)$$

もしくは、

$$T(\omega_2, \omega_1) = I \quad I: \text{単位行列} \quad (14)$$

【0042】今、周波数 $\omega_1$ での混合行列の推定結果を $A^-(\omega_1)$ と表現することとする。また、この推定値

\* 前記 DFFT 処理後の信号の積を各周波数成分ごとに算出する信号分離処理部と、前記信号分離処理部で得られた全ての周波数成分についての分離行列と DFFT 処理後の信号との積に基づき離散逆フーリエ変換の演算を行って前記被分離信号を分離・再生する I-DFFT 処理部と、から構成されていることを特徴とする。

【0033】請求項2に記載のブラインド信号分離処理装置は、前記混合行列推定処理部は、各周波数成分における混合行列を推定する際の設定初期値として、目的周波数成分と隣接する周波数成分の混合行列の推定値を用いることを特徴とする。

【0034】請求項3に記載のブラインド信号分離処理装置は、前記混合行列推定処理部における混合行列の推定アルゴリズムが、複素数化された FastICA のアルゴリズムであることを特徴とする。

【0035】請求項4に記載のブラインド信号分離処理装置は、前記各センサーがマイクロフォンであり、前記被分離信号が複数の音源からの音信号であって、複数の音源からの音信号を各音源の信号に分離することを特徴とする。

## 【0036】

【発明の実施の形態】（本発明の原理）本発明は、チャネルの入れ違い問題の対策として隣接周波数での分離行列（式(11)の $W(\omega)$ ）のリレー処理を適用する。このリレー処理を行うために、複素数化された FastICA（参考文献の[7][8]参照）を利用する。

【0037】以下、これらについて説明する。

## （1）周波数における分離行列のリレー処理

任意の2つの周波数における混合行列の間の関係は以下の(12)式を用いて表すことができる。

## 【0038】

【数6】

$$\tilde{A}(\omega_2) = T(\omega_2, \omega_1) \tilde{A}(\omega_1) \quad (12)$$

【0039】ここで、 $T(\omega_2, \omega_1)$ は回転行列である。隣接周波数 $\omega_1$ と $\omega_2$ を考えれば、 $\omega_2 = \omega_1 + \Delta\omega$ の関係がある。Windowed Fourier変換のサンプル数が十分大きい場合、この周波数の差 $\Delta\omega$ は十分小さく、この両者のCoherencyは非常に高いと考えられる。

【0040】すなわち、(13)式又は(14)式が成り立つと考えられる。

## 【0041】

【数7】

によって分離された信号の順番を $P_1$ と表すことにする。そして、周波数 $\omega_1$ での混合行列を推定するため

に、周波数 $\omega_k$ における推定の初期値を $A^{\sim}_{1,1,1,1,1}(\omega_k) = A^{\sim}(\omega_k)$ と設定する。推定結果 $A^{\sim}(\omega_k)$ の精度が十分高ければ、式(13)、(14)に示されるように、この推定値は周波数 $\omega_k$ においても $P_1$ と同じ順番を得るための混合行列の真の値に十分近づくことになる。

【0043】すなわち、隣接する周波数での混合行列の推定結果を次の周波数での推定の初期値とすることにより、分離信号に関して同じ順番を得るための混合行列の最適推定値が得られる。ここでは、この手法を「隣接周波数における分離行列のリレー処理」ということにする。

## (2) FastICAの複素数化

「隣接周波数における分離行列のリレー処理」を適用するためには、推定処理アルゴリズムとしてFastICAを利用する必要がある。ただし、本発明ではFastICAを時間一周波数領域で利用するため、FastICAを複素数化しなければならない。

【0044】FastICAを利用することによる効果としては、大きな背景雑音が存在する場合でも、混合行列の推定における演算が安定して収束し、背景雑音に対するロバスト性が得られる。また、上記「隣接周波数における分離行列のリレー処理」による入れ違い問題の対策では、乗法や加法計算を殆ど必要としないため、演算処理部を極めて簡単にできる。

【0045】更に、隣接周波数での最終推定値を次の周波数における推定処理の初期値として利用するため収束速度が極めて速い上に、採用したFastICAは、この混合行列の推定速度を更に改善する効果もある。

(実施例) 図2に本発明に係わるブラインド分離処理装置のブロック回路図を示す。その図2において、1は被分離信号(観測信号ともいう)を検出するセンサー(観測手段ともいう)である。ここでは、センサー1の個数はN個であり、順番に番号づけられている。各センサー1が検出した被分離信号は被分離信号格納部2に保存される。その被分離信号格納部2に保存されている被分離信号は信号処理部3に入力される。

【0046】信号処理部3は被分離信号格納部2に保存されている被分離信号を取り出してこの被分離信号を各信号源の信号に分離する処理を行う。

【0047】信号処理部3は、その被分離信号をWindow\*

$$\tilde{A}_{k-1}(k) = \alpha \tilde{A}(k-1)$$

【0055】ただし、kは周波数成分 $\omega$ の順番を示し、周波数成分 $\omega$ はkを用いて下記の式(16)で表される。

【0056】

【数9】

$$\omega = \frac{2\pi}{M}k, k = 0, 1, \dots, M-1 \quad (16)$$

\* ed FFT (Windowed Fourier変換)で離散フーリエ変換して時間一周波数領域の成分に変換するDFFT処理部4と、そのDFFT処理後の信号に基づき混合行列を各周波数成分ごとに推定する混合行列推定処理部5と、周波数成分ごとに推定した混合行列に基づき各周波数成分ごとに分離行列を算出して、分離行列とDFFT処理後の信号との積を各周波数成分ごとに算出する信号分離処理部6と、信号分離処理部6により得られた全ての周波数成分についての分離行列とDFFT処理後の信号の積に基づき離散逆フーリエ変換の演算を行って被分離信号を分離・再生するI-DFFT処理部7とから構成されている。

【0048】その混合行列推定処理部5は、各周波数成分における混合行列を推定する際の設定初期値として、目的周波数成分に隣接する周波数成分の混合行列の推定値を用いる。その混合行列推定処理部5における混合行列の推定アルゴリズムは、複素数化されたFastICAのアルゴリズムである。その信号処理部3で分離された被分離信号は分離信号格納部8に出力され、各信号源からの信号が後段の回路に出力される。

【0049】図3は本発明に係わるブラインド分離信号処理装置の作用を説明するためのフローチャートを示し、まず、被分離信号 $x(t)$ をWindowedFFTで離散フーリエ変換し、時間一周波数領域の成分 $\tilde{x}(\omega_k, t_k)$ を得る(S.1、S.2)。次いで、 $k=1$ のときには、 $A^{\sim} = A_{0,0,0,0,0}$ と設定する(S.3)。

【0050】次に、各周波数成分毎に複素数化されたFastICAによる混合行列の推定処理を行う。

【0051】ここで、最初の周波数成分に関しては、混合行列を推定するための初期値を任意に選択することになる。ここでは、混合行列の初期値として、 $A^{\sim}_{1,1,1,1,1}(\omega_k) = A_{0,0,0,0,0}$ を用いる(S.4)。

【0052】引き続き周波数成分については、その初期値として前の周波数において推定した混合行列の値を利用する「隣接周波数における分離行列のリレー処理」を適用する。

【0053】この実施例では、周波数が増加する順番に処理する場合が示されており、混合行列のリレー関係は下記の式(15)を用いて表すことができる。

【0054】

【数8】

(15)

【0057】FastICAを用いた学習過程を通して推定された混合行列 $A^{\sim}(\omega_k)$ を用い(S.5)、その逆行列 $A^{\sim}(\omega_k)^{-1}$ として得られる分離行列 $B^{\sim}(\omega_k)$ を利用することによって(S.6)、混合信号から元の独立の信号を分離することができる。すなわち、分離信号 $u^{\sim}(\omega_k)$ を成分 $\tilde{x}(\omega_k, t_k)$ と分離行列 $B^{\sim}(\omega_k)$ との積を用いて求め(S.7)、kがk

... (=M-1) よりも大きい小さいかを判定し

(S. 8)、kがk...よりも小さいときには前回求められた推定混合行列 $A^{\sim}(\omega_k)$ を今回求める推定混合行列 $A^{\sim}$ の初期値として設定すると共に、順番kに「+1」を加えて(S. 9)、S. 4に戻り、再び、S. 4からS. 7までの処理をk... (N個のセンサ)まで繰り返し、S. 8において、kがk...を越えたときには、分離信号 $u^{\sim}(\omega_k)$ を離散逆フーリ工変換(Windows IFFT)処理によって(S. 10)、目的の信号、すなわち、時間領域分離信号 $u(t)$ を得て分離信号格納\*10

$$\begin{aligned} A_{11}(n) &= 1.0 - 0.7n^{-1} + 0.1n^{-2} \\ A_{12}(n) &= 0.1 + 0.8n^{-1} + 0.3n^{-2} \\ A_{21}(n) &= 0.0 - 0.1n^{-1} + 0.6n^{-2} \\ A_{22}(n) &= 1.0 + 0.5n^{-1} - 0.3n^{-2} \end{aligned} \quad (17)$$

なお、nはサンプリングの番号( $n^{-1}$ は1サンプル後の値、 $n^{-2}$ は2サンプル後の値)を示し、雑音のタイプは白色加法性雑音、信号と背景雑音とのSNRは15.0 dBである。想定した2つマイク間の距離10.0 cmである。更に、FastICAの非線形タイプは、 $G(y) = (a + y)^{1/2}$ である。

【0060】その図4では、2つのマイク22により採取した混合音が入力としてブラインド信号分離処理装置に入力される。

【0061】図5(a)は人間20による混合前の音声波形を示し、図5(b)は人間21による混合前の音声波形を示し、図6(a)は一方のマイク22に入力される混合信号の音波形を示し、図6(b)は他方のマイク22に入力される混合信号の音波形を示し、これは式(17)に従って作成されたものである。

【0062】また、図7(a)、(b)はブラインド信号分離処理装置を用いて分離された音声信号波形(シミュレーションによる)を示し、図7(a)は一方のマイクに入力された混合信号の分離波形を示し、図7(b)は他方のマイクに入力された混合信号の分離波形を示し

\*部に保存する(S. 11)。

【0058】図4～図7は、この実施例に係わるブラインド信号処理装置を音響信号の分離に適用した場合のシミュレーションを示すものである。

【0059】ここでは、図4に示すように、独立の信号としては2人の人間20、21から発生された音声と背景雑音を想定している。図1に示す伝搬路に対応する式(17)に従う混合条件によりセンサ1としてのマイク22に入力される混合信号を作成している。

ており、図6、図7に示すブラインド分離処理前後の波形の比較から明らかなように、背景雑音が存在する環境においても入れ違いの問題を生じることなく独立の音声を忠実に分離することが可能であることが分かる。

【0063】なお、明細書中で用いた記号 $u^{\sim}$ 、 $X^{\sim}$ 、 $A^{\sim}$ 、 $B^{\sim}$ 、 $s^{\sim}$ 、 $f^{\sim}$ は下記の記号を意味する。

【0064】

【数10】

$$\begin{aligned} u^{\sim} &\rightarrow \tilde{u} \\ X^{\sim} &\rightarrow \tilde{X} \\ A^{\sim} &\rightarrow \tilde{A} \\ B^{\sim} &\rightarrow \tilde{B} \\ s^{\sim} &\rightarrow \tilde{s} \\ f^{\sim} &\rightarrow \tilde{f} \end{aligned}$$

【0065】また、なお、発明の詳細な説明に使用した参考文献を表1に示す。

【0066】

【表1】



- [1] C.Juttan and J.Herault, Separation of sources, part I, Signal Processing, Vol. 24, No. 1, pp. 1-10, July 1991.
- [2] A.J.Bell and T. J. Sejnowski, An information maximization approach to blind separation and blind deconvolution, Neural Computation, Vol. 7, pp. 1129-1159, 1995.
- [3] P. Comon, Independent component analysis, a new concept? Signal Processing, Vol. 36, No. 3, pp. 287-314, April 1994.
- [4] S. Amari, A. Cichocki, and H. H. Yang, A new learning algorithm for blind signal separation, In D. S. Touretzky, M. C. Mozer, and M. E. Hasselmo eds., Advances in Neural Information Processing Systems Vol. 8, pp. 757-763. MIT Press, Cambridge MA, 1996.
- [5] L. Molgedey and H. G. Schuster, Separation of a mixture of independent signals using time delayed correlations, Physical Review Letter, Vol. 72, No. 23, pp. 3634-3637, 1994.
- [6] J. Cardoso and A. Souloumiac, Jacobi angles for simultaneous diagonalization, SIAM J. Mat. Anal. Appl., Vol. 17, No. 1, pp. 161-164, Jan. 1996.
- [7] A. Hyvärinen, Fast and robust fixed-point algorithms for Independent Component Analysis, IEEE Transactions on Neural Networks, Vol. 10, No. 3, pp. 626-634, May 1999.
- [8] E. Bingham and A. Hyvärinen, A fast fixed-point algorithm for independent component analysis of complex valued signals, Int. J. of Neural Systems, Vol. 10, No. 1, pp. 1-8, 2000.
- [9] N. Murata, S. Ikeda and A. Ziehe, An approach to blind source separation based on temporal structure of speech signals, BSIS Technical Reports, No.98-2, April 1998.
- [10] M. Ogawa, F. Asano, S. Ikeda, H. Asoh, and N. Kitawaki, Blind source separation for acoustic signals using subspace method and frequency domain infomax, Technical Report of IEICE, EA2000-50, pp. 15-22, Sep. 2000.
- [11] S.Ding, M.Otsuka, M.Ashizawa, T.Niitsuma, and K.Sugai, Blind Source Separation of Real-World Acoustic Signals Based on ICA in Time-Frequency-Domain, Technical Report of IEICE, EA2001-1, SP2001-1, pp.1-8, (2001).

【0067】

【発明の効果】本発明によれば、背景雑音が存在しかつ畳み込み混合された実環境での信号（音声、画像、電波など）から、源信号をブラインドで分離することが可能である。

【0068】また、信号が伝搬路において受ける影響を表す混合行列の推定にFastICAを利用しているので、大きな背景雑音が存在する場合でも混合行列の推定演算が安定して収束し、背景雑音に対する高いロバスト性が得られる。

【0069】また、「隣接周波数における分離行列のリレー処理」による入れ違い問題の対策には、乗法や加法計算をほとんど必要としないので、演算処理部を極めて簡単にできる。更に、リレー処理では、最終推定値を次の周波数における推定処理の初期値として利用するので、収束速度が極めて速いという効果もある。

【図面の簡単な説明】

【図1】 たたみ込み混合の一例を示す模式図である。

【図2】 本発明に係わるブラインド信号分離処理装置のブロック回路図である。

【図3】 本発明に係わるブラインド信号分離処理装置の作用を説明するためのフローチャートである。

【図4】 音声をブラインド信号分離処理装置で分離する場合の説明図である。

【図5】 図4に示す音声源の音声波形を示し、(a)は一方の人間の音声波形を示し、(b)は他方の人間の音声波形を示す。

【図6】 図4に示すマイクロホンに到達するまでの伝送路において畳み込み混合された音声波形を示し、

(a)は一方のマイクロホンに入力される混合信号波形を示し、(b)は他方のマイクロホンに入力される混合信号波形を示している。

【図7】 図4に示すブラインド信号分離処理装置によって分離された音声信号波形を示し、(a)は図5(a)に示す音声波形に対応し、(b)は図5(b)に示す音声波形に対応し、ブラインド信号処理装置から分離された音声波形が後段のスピーカ装置にそれぞれ分離出力された状態が示されている。

【符号の説明】

1…センサー

\* 2…被分離信号格納部

3…信号処理部

4…DFFT処理部

5…混合行列推定処理部

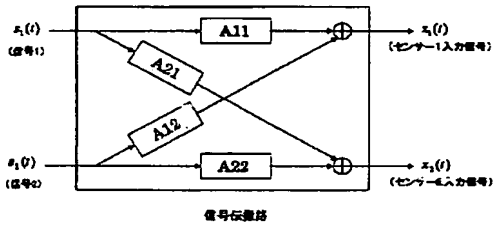
6…信号分離処理部

7…I-DFFT処理部

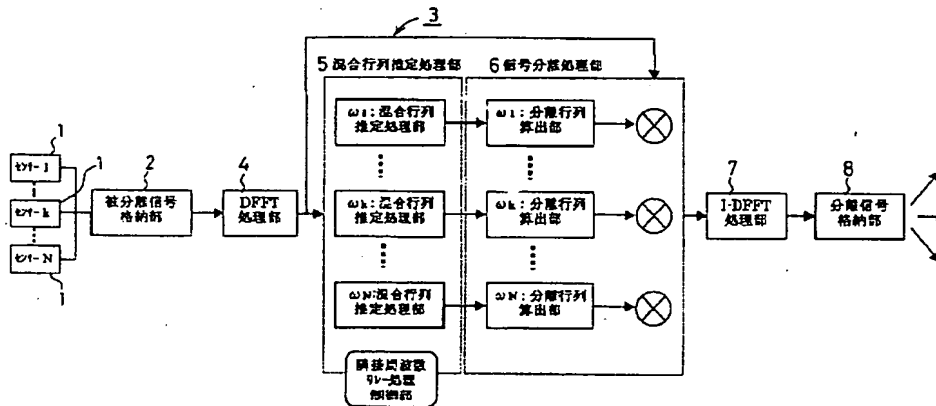
8…信号格納部

\*

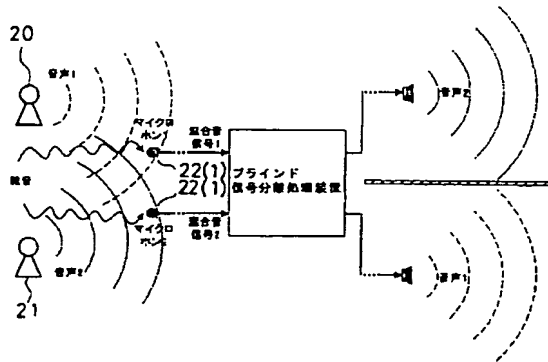
【図1】



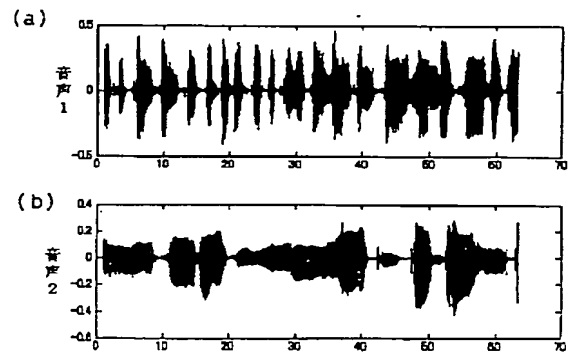
【図2】



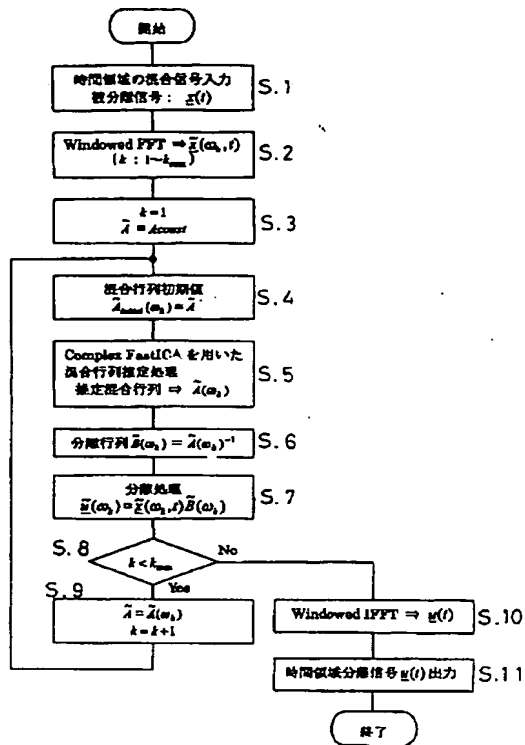
【図4】



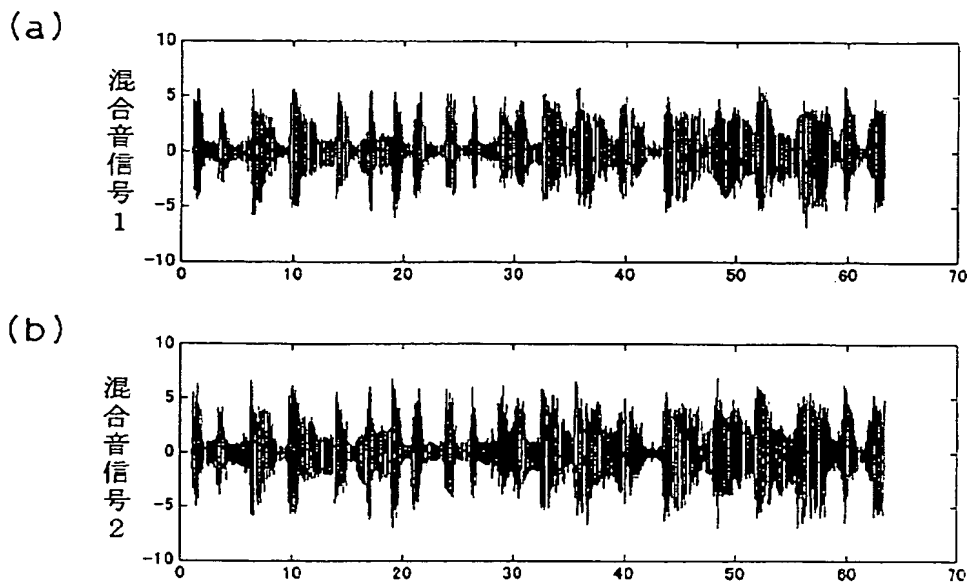
【図5】



【図3】

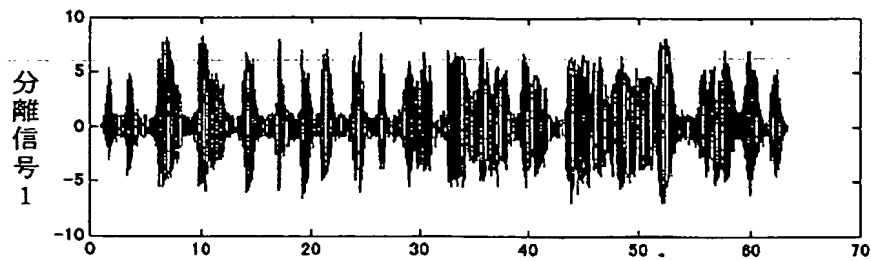


【図6】

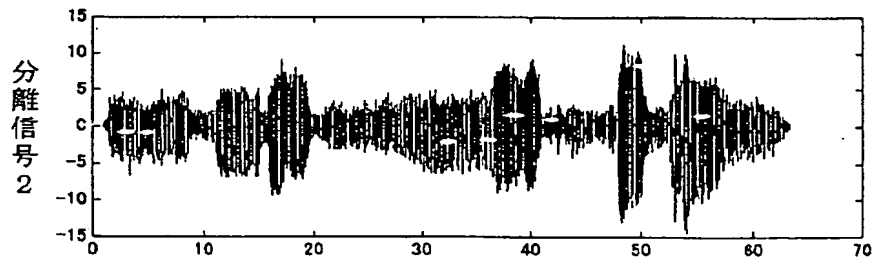


【図7】

(a)



(b)



フロントページの続き

(51)Int.Cl.

識別記号

F I

ターマコード (参考)

G 1 0 L 15/20  
21/02G 1 0 L 9/16  
3/023 0 1 A  
3 0 1 E

F ターム (参考) 2G064 AB13 BA02 CC13 CC43  
 5B056 BB12 BB28 BB42 HH05  
 5D015 EE05  
 5K052 DD01 DD29 EE12 FF31

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning  
Operations and is not part of the Official Record**

**BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ BLACK BORDERS
- ☐ IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- ☐ FADED TEXT OR DRAWING
- ☐ BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING
- ☐ SKEWED/SLANTED IMAGES
- ☐ COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS
- ☐ GRAY SCALE DOCUMENTS
- ☐ LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT
- ☒ REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY
- ☐ OTHER: \_\_\_\_\_

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.**